



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Keiichi TAKANASHI

Serial No.: 10/822,662

Filed: April 13, 2004

For: DEVICE AND METHOD FOR MEASURING POSITION OF LIQUID SURFACE
OF MELT IN SINGLE-CRYSTAL-GROWING APPARATUS

CLAIM FOR PRIORITY

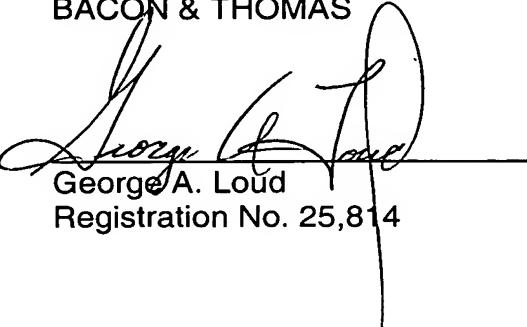
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Applicant hereby submits the official certified copy of priority document number 2003-127968 filed May 6, 2003 in connection with the above identified application, benefit of which is being claimed. The Examiner is most respectfully requested to acknowledge receipt of this certified copy.

Respectfully submitted,

BACON & THOMAS



George A. Loud
Registration No. 25,814

October 18, 2006

Atty Dkt: TAKA3016/GAL

Bacon & Thomas, PLLC
625 Slaters Lane
Alexandria, Virginia 22314
Phone: (703) 683-0500

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
事項と同一であることを証明する。

is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
Office.

年月日
Date of application: 2003年 5月 6日

番号
Application Number: 特願 2003-127968

による外国への出願
優先権の主張の基礎
出願の国コードと出願
Country code and number
of priority application,
used for filing abroad
under the Paris Convention, is

願人
Applicant(s): 株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2006年10月 5日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

中嶋



【書類名】 特許願

【整理番号】 KP1057

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 C30B 15/26

H01L 21/208

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式

会社内

【氏名】 高梨 啓一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友シリコン株式

会社内

【氏名】 高瀬 伸光

【特許出願人】

【識別番号】 302006854

【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目2番1号

【氏名又は名称】 三菱住友シリコン株式会社

【代表者】 森 禮次郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 168115

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 単結晶引き上げ装置内の融液の液面位置測定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 チョクラルスキー法により引き上げられる単結晶と融液との境界にあるフュージョンリングの画像を計測して前記画像から単結晶の中心の位置を検出し、前記検出結果に基いて融液の液面位置を測定する融液の液面位置測定方法において、フュージョンリングの画像の中に 2 本の測定ラインを設定して、それぞれの測定ラインとフュージョンリングとの両側の交点を検出し、前記両側の交点間の間隔に基いて単結晶の中心の位置を算出することを特徴とする、融液の液面位置測定方法。

【請求項 2】 ネッキング工程における種結晶の中心の位置に基づき、単結晶の直胴部を引き上げ中の単結晶の中心の位置を検出するのに用いる測定ラインを設定することを特徴とする、請求項 1 記載の融液の液面位置測定方法。

【請求項 3】 測定ラインとフュージョンリングとの両側の交点を検出する際に用いるしきい値を、フュージョンリングのピーク輝度の平均値を補正した値を基に画像中において左右独立で動的に設定することを特徴とする、請求項 1 記載の融液の液面位置測定方法。

【請求項 4】 2 本の測定ラインの組み合わせを 2 組以上設定し、それぞれの組み合わせに対応する単結晶の中心の位置の平均値を単結晶の中心の位置とすることを特徴とする、請求項 1 記載の融液の液面位置測定方法。

【請求項 5】 引き上げ中の単結晶の回転数に基づいて画像測定ピッチおよび平均化時間を決定し、平均化時間における単結晶の中心の位置の算出結果を平均化することを特徴とする、請求項 1 記載の融液の液面位置測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、チョクラルスキー法（以下、CZ 法と記す）によって半導体の材料となる単結晶を融液から引き上げる工程において、単結晶を引き上げ中の融液の液面位置を測定する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体の材料となる単結晶を成長させる方法には種々の方法があるが、その一つとしてCZ法がある。図1は、CZ法により単結晶を成長させるのに用いられる単結晶成長装置を模式的に示した断面図である。同図において、ワイヤ5cに吊設された種結晶保持具5bの先端の種結晶5aを、ルツボ1内に収容された単結晶の融液2の液面9に接触させ、その後、ルツボ1および巻き上げ装置5dを互いに逆方向に回転させながら巻き上げ装置5dによりワイヤ5cを巻き上げ、融液2を凝固させることによって円柱状の単結晶4を成長させる。

【0003】

この際、ヒータ3による融液2に対する加熱量を一定にするために、融液2の液面9をヒータ3に対して一定の位置となるようにルツボ1を上昇させている。従来は、単結晶の引き上げに伴い減少した融液の体積を算出し、減少した融液の体積とルツボの内径に基づいてルツボの上昇量を算出していた。しかし、高温によるルツボの変形に伴うルツボ内径の寸法のバラツキ、ルツボ内径の測定誤差等によって、算出された融液の減少量には誤差が含まれるので、上記の方法で算出したルツボの上昇量には誤差が含まれ、その結果、ヒータに対する融液の液面位置は一定とはならない。ヒータに対する融液の液面位置が一定でない場合には、成長した単結晶の温度履歴が変化し、その結果、結晶欠陥等が発生して良品質の単結晶が製造できなくなる。

【0004】

このため、単結晶の引き上げ中に融液の液面位置を測定する方法がいくつか提案されている。そのうちの1つは、レーザ光を用いた光三角法である。この方法では、融液の液面に対して所定の角度でレーザ光を入射し、融液の液面で反射したレーザ光を検出装置によって検出する。しかし、融液の液面の揺らぎによって、液面位置の測定値に誤差が生じる。また、成長している単結晶の近傍の液面上でレーザ光が反射する場合には、単結晶による表面張力のために融液の液面が傾いており、この影響によっても液面位置の測定値に誤差が生じる。

【0005】

上記の液面の揺らぎによる影響を除去するために、特許文献1の方法では、レーザ光の検出器の前に幅の狭いスリットを設置することにより、液面の揺らぎによる影響を除去している。しかし、この方法では、単結晶による表面張力に起因する融液の液面の傾きの影響は除去できない。融液の液面の傾きによる影響は、単結晶の近傍ほど大きく、このため、液面位置の測定は単結晶から離れた位置で測定する必要があるが、引き上げの条件、単結晶成長装置の構造等によっては単結晶の近傍しか測定できない場合があり、また、引き上げ中に単結晶の直径が変動するために液面の傾きが変化し、液面位置の測定値が変化する。さらに、レーザ光の投光器側と受光器側の両方に炉体窓が必要となるために、炉体の改造も必要となる場合がある。

【0006】

別の方法としては、融液の液面に写った炉内構造物の鏡像から液面位置を測定する方法がある。この場合にも、上記の液面の傾きの影響が避けられず、引き上げの条件、単結晶成長装置の構造等によっては単結晶の近傍における液面しか測定できない場合がある。また、引き上げ中の単結晶の直径が変動するため、液面の傾きが変化し、その結果、測定値が変動する。

【0007】

一方、液面の傾きの影響を受けない融液の液面位置の測定方法として、単結晶の中心の位置から液面位置を測定する方法が提案されている。単結晶の中心の位置を検出する方法としては、単結晶と融液との固液界面に発生するフュージョンリングの最大径が得られる位置から検出する方法がある（特許文献2参照）。この方法では、単結晶の直径が減少する際に、測定すべきフュージョンリングの最大径の部分が成長した単結晶に隠れてしまい、このため、単結晶の直径が減少する際には大きな測定誤差が生じる。そのため、フュージョンリングの最大径の部分以外において単結晶の中心の位置を測定する必要がある。その方法としては、2次元画像中のフュージョンリングを楕円形あるいは円形等に、最小2乗法あるいはハフ変換等の近似計算によって算出する方法がある。しかし、近似計算を用いた演算方法の場合、測定精度を向上させるためには多数の測定点が必要となり、その結果、演算量が増え、測定装置の価格も高価になる。

【0008】

一方、近似計算以外の方法としては、特許文献3に提案されている方法がある。この方法では、画像中の水平方向の輝度分布から検出されるフュージョンリングの中心における垂直方向の輝度分布からフュージョンリングの位置を求め、その垂直方向でのフュージョンリングの位置から水平方向のピーカー間距離で求められる単結晶の半径分の距離を補正することによって単結晶の中心の位置を求める。この方法では、単結晶の引き上げ中にフュージョンリングの手前側が全て観察できることが必要であり、引き上げの条件、単結晶成長装置の構造等によっては測定ができない場合がある。

【0009】**【特許文献1】**

特開平5-294785号公報

【特許文献2】

特開昭63-238430号公報

【特許文献3】

特開平2-102187号公報

【0010】**【発明が解決しようとする課題】**

従って、単結晶の引き上げ工程においてフュージョンリングが一部しか観察できない場合においても、単結晶の中心の位置を少ない演算量で算出できるようなく、融液の液面位置の測定方法が必要となる。

【0011】**【課題を解決するための手段】**

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、画像検出手段を用いて検出したフュージョンリングの画像において2本の測定ラインを設定し、それぞれの測定ラインとフュージョンリングとの両側の交点間の間隔から単結晶の中心の位置を算出し、このようにして算出された単結晶の中心の位置に基いて融液の液面位置を測定する方法を提供することを目的としている。

【0012】

請求項 1 に係る発明は、チョクラルスキー法により引き上げられる単結晶と融液との境界にあるフュージョンリングの画像を計測して前記画像から単結晶の中心の位置を検出し、前記検出結果に基いて融液の液面位置を測定する融液の液面位置測定方法において、フュージョンリングの画像の中に 2 本の測定ラインを設定して、それぞれの測定ラインとフュージョンリングとの両側の交点を検出し、前記両側の交点間の間隔に基いて単結晶の中心の位置を算出する工程を含む融液の液面位置測定方法である。単結晶の引き上げ中にフュージョンリングが一部しか観察できない場合においても、従来法と比較して少ない演算量で単結晶の中心の位置が算出でき、その結果、従来法と比較して高精度に融液の液面位置を測定することができる。

【0013】

請求項 2 に係る発明は、請求項 1 の融液の液面位置測定方法において、ネッキング工程における種結晶の中心の位置に基づき、単結晶の直胴部を引き上げ中の単結晶の中心の位置を検出するのに用いる測定ラインを設定する工程を含む融液の液面位置測定方法である。これにより、単結晶の中心の位置を安定した条件で検出することができる。

【0014】

請求項 3 に係る発明は、請求項 1 の融液の液面位置測定方法において、測定ラインとフュージョンリングとの両側の交点を検出する際に用いるしきい値を、フュージョンリングのピーク輝度の平均値を補正した値を基に画像中において左右独立で動的に設定する工程を含む融液の液面位置測定方法である。これにより、単結晶の引き上げに伴う、単結晶成長装置内における熱的条件の変化によるフュージョンリングの輝度の変化に対応することができる。

【0015】

請求項 4 に係る発明は、請求項 1 の融液の液面位置測定方法において、2 本の測定ラインの組み合わせを 2 組以上設定し、それぞれの組み合わせに対応する単結晶の中心の位置の平均値を単結晶の中心の位置とする工程を含む融液の液面位置測定方法である。これにより、測定誤差によるバラツキを最小限にすることができる。

【0016】

請求項5に係る発明は、請求項1の融液の液面位置測定方法において、引き上げ中の単結晶の回転数に基づいて画像測定ピッチおよび平均化時間を決定し、平均化時間における単結晶の中心の位置の算出結果を平均化する工程を含む融液の液面位置測定方法である。これにより、引き上げ中における単結晶の回転数の変化にかかわらず、晶癖線の影響に起因する測定誤差を最小限にすることができる。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る単結晶引き上げ装置内の融液の液面位置測定方法に関する実施の形態を、図面に基づいて説明する。

【0018】

図1は、実施の形態に係る、融液の液面位置を測定しながら単結晶を引き上げる際に用いられる単結晶成長装置を模式的に示した断面図である。図中1は、回転および上下方向に移動可能なルツボであり、ルツボ1内には、単結晶の原料である融液2が収容されている。ルツボ1の外周側にはヒータ3が配置されている。ヒータ3により融液2が加熱され、単結晶4が回転しながら上方に引き上げられて成長する。7は、フュージョンリングの画像検出手段として用いられる2次元CCDカメラである。

【0019】

2次元CCDカメラ7は、フュージョンリングの画像検出手段だけでなく、引き上げられる単結晶の直径測定手段として用いてもよい。また、フュージョンリングの画像検出手段としては、2次元CCDカメラ以外に、1次元CCDカメラを機械的に水平方向に移動させる方法または1次元CCDカメラの測定角度を変化させてフュージョンリングの画像を走査する方法でもよい。8は演算処理装置で、回転装置6から単結晶の回転数のデータが、また、2次元CCDカメラ7からフュージョンリングの画像データがそれぞれ入力される。

【0020】

2次元CCDカメラ7によって得られた画像データは、単結晶成長装置の斜め

上方から観察しているため、画像がひずんでいる。このひずみは、幾何光学から算出される理論式を用いて補正することができる。また、目盛を記入した基準板を用いて事前に補正テーブルを作成することで補正することもできる。この補正テーブルは、画像中において1画素数あたりの距離を示す換算係数を垂直方向と水平方向でそれぞれ求めたものである。

【0021】

本発明では、図2に示すとおり、フュージョンリング13を検出してその2次元画像データを得、以下に説明する方法で単結晶の中心10の位置を算出することによって、融液の液面9の位置を測定する。

【0022】

図1に示すような構成による単結晶成長装置を用いて融液の液面位置を測定する方法を、図3を用いて説明する。まず、2次元CCDカメラ7によって得られたフュージョンリング13の2次元画像データにおいて、2本の測定ライン11および12を設定する。このうち、単結晶の中心10側の測定ライン11は、単結晶の中心10付近に設定すると、単結晶4の直径が減少した際にフュージョンリング13が成長した単結晶4の陰になり、単結晶の中心10が検出できなくなる。そこで、測定ライン11は、単結晶の中心10より表面側、すなわち画像中では下側の位置に設定した。ここで、基準となる単結晶の中心10の位置は、ネッキング工程において種結晶5aを引き上げる際に2次元CCDカメラ7によって撮影した画像中での中心の位置である。一方、他の1本の測定ライン12は、測定ライン11に対して表面側、すなわち画像中では下側に設定した。

【0023】

上記の測定ライン11および12とフュージョンリング13との両側の交点、すなわち、C1、C1およびC2、C2を検出する。このとき、これらの交点を検出するしきい値は、画像中におけるフュージョンリングのピーク輝度の平均値を補正した値を基に、画像中において左右独立に動的に設定する。画像の左右は、種結晶を引き上げる際の種結晶の位置から決定する。これにより、単結晶の引き上げに伴う、単結晶成長装置内における熱的条件の変化によるフュージョンリ

ングの輝度の変化に対応することができる。

【0024】

2本の測定ライン11および12とフュージョンリングとの両側の交点間の間隔をそれぞれW1およびW2とする。また、Y方向において、単結晶の中心の位置、測定ライン11および測定ライン12の位置をそれぞれY、Y1およびY2とする。フュージョンリングの半径をRとすると、数1式および数2式の関係が得られる。

【0025】

【数1】

$$R^2 = (W1/2)^2 + (Y - Y1)^2$$

【0026】

【数2】

$$R^2 = (W2/2)^2 + (Y - Y2)^2$$

【0027】

数1式および数2式の関係から、2次元画像中における単結晶の中心10のY方向における位置は、数3式で表される。

【0028】

【数3】

$$Y = \{Y1 + Y2 + (W1^2 - W2^2) / 4 (Y1 - Y2)\} / 2$$

【0029】

従って、図2に示すとおり、単結晶の中心10のY方向における位置Yを求めることにより、融液の液面9の位置を測定することができる。

【0030】

本発明では、上記2本の測定ラインの組み合わせを2組以上設定し、それぞれの組み合わせに対応する単結晶の中心の位置を平均した値を、単結晶の中心の位置とした。この方法により、測定誤差によるバラツキを最小限にすることことができた。

【0031】

本発明に係る融液の液面位置の測定方法では、単結晶の断面形状が真円の場合

、測定誤差は非常に小さい。しかし、引き上げ中の単結晶は真円ではなく、引き上げ中の条件によっては単結晶の変形が大きくなり、測定誤差が大きくなることがある。また、単結晶の晶壁線が測定ライン上に現われると、その部分は測定誤差となる。そのため、晶癖線の部分では測定誤差が大きく、晶癖線以外の部分における測定値とは値が異なる。そこで、晶癖線に起因する測定誤差は、測定値を平均化することによってその影響を小さくする必要がある。

【0032】

(100) 単結晶の場合、晶癖線は90度間隔で4本現われる。ここで、単結晶の回転数が15 rpmの場合、晶癖線は1秒間隔で同一の場所に現われる。このため、測定ピッチを1秒に設定すると、全ての測定値において晶癖線に起因する誤差が発生する。多くの場合、CZ炉では、ワイヤによって単結晶が炉体の上部から吊り下げられている。そのため、ワイヤのねじれに起因して、単結晶の引き上げ中に、単結晶の回転角度に誤差が生じる場合がある。

【0033】

また、単結晶成長装置内における熱的条件によっては、単結晶自身が変形する場合がある。このため、単結晶の回転数と測定ピッチとの関係が適正でなければ、単結晶の直胴部を引き上げ中に、晶癖線の影響のある部分とない部分とが現われ、測定値が変化する。また、単結晶の直胴部を引き上げ中に単結晶の回転数を変化させた場合も、単結晶の回転数が変化する前後で晶癖線の影響が生じる。そのため、引き上げ中の単結晶の回転数に応じて測定値への晶癖線の影響が一定となるように、測定ピッチおよび平均化時間を決定する必要がある。そして、平均化時間内において、晶癖線の影響を平均化するために、単結晶の回転数を測定ピッチ間において適正に設定する必要がある。そのために、測定ピッチ間における単結晶の回転角度を適切に選択する必要がある。

【0034】

ここで、測定回数をn、測定ピッチ間における単結晶の回転角度を θ （度）、単結晶の回転数をr（rpm）とすると、測定ピッチp（秒）および平均化時間t（秒）は、それぞれ、数4式および数5式のとおり算出できる。

【0035】

【数4】

$$p = (60/r) / (360/\theta)$$

【0036】

【数5】

$$t = p \times n$$

【0037】

数4式における測定ピッチ p (秒) にて測定し、その測定値を数5式の平均化時間 t (秒) で平均化することにより、引き上げ中における単結晶の回転数の変化にかかわらず、晶癖線の影響に起因する測定誤差を一定に保つことができる。

【0038】

【実施例】

以下に、実施の形態に係る融液の液面位置測定方法を実施して液面位置を測定した結果について説明する。

【0039】

図1に示すような構成による単結晶成長装置を用いて、2次元CCDカメラ7によってフュージョンリングの2次元画像データを得た。次に、図3に示すとおり、フュージョンリングの2次元画像データにおいて、2本の測定ライン11および12を設定した。このうち、単結晶の中心10側の測定ライン11は、単結晶の中心10から表面側、すなわち画像中では下側に約20mm離れた位置に設定した。ここで、基準となる単結晶の中心10の位置は、ネッキング工程において種結晶5aを引き上げる際に2次元CCDカメラ7によって撮影した画像中の中心の位置である。一方、他の1本の測定ライン12は、測定ライン11よりも表面側、すなわち画像中では下側に約20mm離れた位置に設定した。

【0040】

測定ライン11および12とフュージョンリングとの両側の交点を検出するしきい値は、画像中におけるフュージョンリングのピーケ輝度の平均値に0.9の係数を乗じて補正した値を基に、画像中において左右独立に動的に設定した。これにより、単結晶の引き上げに伴う、単結晶成長装置内における熱的条件の変化によるフュージョンリングの輝度の変化に対応することができた。

【0041】

単結晶の中心10の位置は、数3式を用いて算出した。ここで、2本の測定ライン11および12の組み合わせを1mmピッチで20組設定し、それぞれの組み合わせに対応する単結晶の中心の位置を平均した値を単結晶の中心の位置とした。この方法により、測定誤差によるバラツキを最小限にすることことができた。

【0042】

測定ピッチ間における単結晶の回転角度を68度、測定回数を90回と設定した。これにより、単結晶の回転数を5rpmから20rpmの範囲に設定して引き上げた場合に、単結晶の回転数が変化しても、晶癖線の影響に起因する測定誤差を一定に保つことができた。また、平均化時間は約25秒から200秒の範囲にあり、少なくとも4分に1回は液面位置が測定できる。単結晶の回転数が低い場合には、測定ピッチ間での単結晶の回転角度を34度または17度と変更することで、測定時間を短縮することができる。

【0043】

この測定ピッチ間での単結晶の回転角度は、(100)単結晶の場合、晶癖線の間隔(90度)の公約数および公倍数以外から選択すればよく、本実施例に示す値に限定されるものではない。

【0044】

図4に、本実施例による融液の液面位置の測定結果を示す。このように、本発明によれば、単結晶を引き上げ中の融液の液面位置を精度よく測定することができ、従って、単結晶を引き上げ中に融液の液面位置を精度よく制御することができるようになった。

【0045】**【本発明の効果】**

本発明により、単結晶の引き上げ中にフュージョンリングが一部しか観察できない場合においても、従来法と比較して少ない演算量で単結晶の中心の位置が算出でき、その結果、従来法と比較して高精度に融液の液面位置を測定することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】

従来のCZ法および本発明の実施の形態に係る単結晶成長装置を模式的に示した断面図である。

【図2】

単結晶の中心の位置と融液の液面位置との関係を模式的に示した斜視図である。

【図3】

本発明に係るフェュージョンリングの2次元画像から測定ラインを設定する方法の実施の形態を概略的に示した図である。

【図4】

実施例に係るフェュージョンリングから測定ラインを設定する方法により、融液の液面位置を測定した結果である。

【符号の説明】

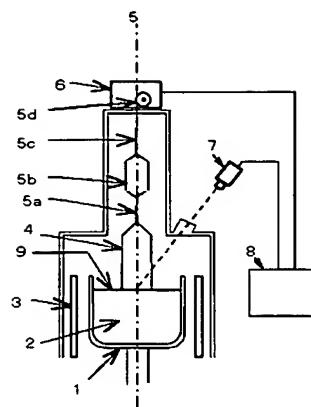
- 1 ルツボ
- 2 融液
- 3 ヒータ
- 4 単結晶
- 5 引き上げ軸
- 5 a 種結晶
- 5 b 種結晶保持具
- 5 c 引き上げワイヤ
- 5 d 巻き上げ装置
- 6 回転装置
- 7 2次元CCDカメラ
- 8 演算処理装置
- 9 融液の液面
- 10 単結晶の中心
- 11, 12 測定ライン
- 13 フュージョンリング

C1, C2 測定ラインとフュージョンリングとの両側の交点

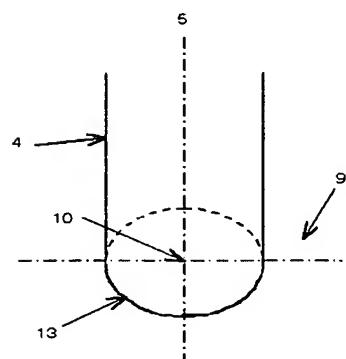
出証特2006-3075708

【書類名】 図面

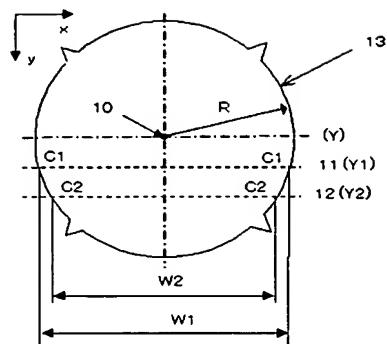
【図1】



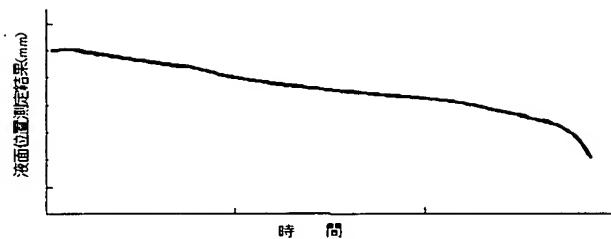
【図2】



【図3】



【図4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 C Z 法によって半導体の材料となる単結晶を融液から引き上げる工程において、単結晶を引き上げ中の融液の液面位置を測定する方法を提供すること。

【解決手段】 単結晶を引き上げる工程において、2次元CCDカメラで測定したフュージョンリングの画像の中に2本の測定ラインを設定して、それぞれの測定ラインとフュージョンリングとの両側の交点を検出し、前記両側の交点間の間隔に基いて単結晶の中心の位置を算出することによって融液の液面位置を測定する。

【選択図】 図1

認定・付力口小青幸良

特許出願の番号 特願2003-127968
受付番号 50300742054
書類名 特許願
担当官 第五担当上席 0094
作成日 平成15年 5月 7日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成15年 5月 6日

次頁無

特願 2003-127968

出願人履歴情報

識別番号 [302006854]

1. 変更年月日 2002年 1月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区芝浦一丁目2番1号
氏 名 三菱住友シリコン株式会社

2. 変更年月日 2005年 7月28日

[変更理由] 名称変更

住 所 東京都港区芝浦一丁目2番1号
氏 名 株式会社 SUMCO